

**LE PHÉNOMÈNE DES CIMES MULTIPLES CHEZ LES ESSENCES
RÉSINEUSES : REVUE DE LITTÉRATURE**

RAPPORT FINAL

Présenté au
Ministère Ressources Naturelles du Québec
Région 02, Saguenay-Lac-St-Jean
3950 boul. Harvey
Jonquière, Qc
G7X 8L6

Par
Jacques Allaire, agr.
Daniel Lord, professeur
Groupe de Recherche en Productivité Végétale
Consortium de recherche sur la forêt boréale commerciale
Université du Québec à Chicoutimi
555 boul. de l'Université
Chicoutimi, Qc
G7H 2B1

31 mars 1999

INTRODUCTION

Le phénomène de cimes multiples en période de production de semis de conifères a inquiété et inquiète toujours tous ceux qui ont un rôle à jouer dans le processus de régénération des forêts perturbées. Qu'il s'agisse de semis cultivés en racines nues ou en récipients, tant pour des fins de reboisement, d'amélioration génétique ou autres, le premier réflexe consiste à rejeter tout semis montrant plus d'une cime. Cette situation prévaut au Québec, les normes de qualification comprenant différentes clauses visant le rejet des semis affectés par des défauts de croissance sur la partie aérienne, plusieurs d'entre elles référant au phénomène de cime multiple.

Le débat ayant conduit à l'inscription de ces clauses dans le processus de qualification des semis a eu lieu durant les années 1980. Dans ce débat, un document produit par Tétreault et Stein (1988) semble avoir fortement orienté le travail des décideurs concernant le libellé des normes pertinentes au phénomène des cimes multiples. La volonté manifestée par le Ministère à l'époque était « de reboiser des plants à tige unique et de la meilleure qualité possible, considérant les risques que représentaient les plants à cime multiple » (Tétreault et Stein 1988, p. 2).

Dix ans plus tard, il convient de faire le point à la lumière de nouveaux travaux ayant pu être produits depuis lors. Est-il toujours aussi risqué de planter des semis à cime multiple ? Les inquiétudes québécoises concernant le phénomène des cimes multiples sont-elles partagées par d'autres organisations responsables de reboisement ? Connaît-on les effets à long terme d'un épisode de cimes multiples dans la vie d'un arbre, surtout si cet épisode survient lors des premières années de sa vie, lorsqu'il croît en pépinière ? Les coûts supplémentaires associés à l'application des normes pertinentes aux cimes multiples, tant pour le producteur que pour le client, donnent-ils un retour suffisant sur l'investissement pour qu'il vaille la peine de persévérer dans cette voie ?

Ce travail veut faire un retour sur les causes et les conséquences de ce phénomène chez les conifères en général, et chez l'épinette noire en particulier. Nous n'avons pas la prétention de croire qu'il va répondre en totalité aux interrogations du paragraphe précédent. Cependant, il pourrait susciter une réflexion concernant la pertinence de maintenir ou non les normes actuelles de qualification des semis présentant plusieurs cimes lors de la livraison.

DÉFINITION

Chez la plupart des gymnospermes, la flèche terminale montre une élongation plus importante que les branches latérales inférieures. De plus, les ramifications des branches poussent moins que la branche elle-même. Ce fort patron

d'inhibition de la croissance fait en sorte que la croissance annuelle des pousses diminue progressivement de la cime de l'arbre vers le bas, et de l'extrémité des branches vers le tronc, ce qui produit un arbre de forme conique. Cette forme est l'expression d'une forte dominance apicale (Kramer et Kozlowski 1979, Aarssen 1995, Chamberlin et Aarssen 1996).

Il arrive cependant que différents types de désordre affectent le bourgeon terminal, les bourgeons sublatéraux ou la flèche terminale. Les pousses latérales compétitionnent alors entre elles et/ou avec la flèche terminale afin de prendre la dominance, provoquant souvent une perte de dominance apicale et le développement de défauts sur la tige (Kramer et Kozlowski 1979, Gross 1983, 1985). Différentes classifications de ces défauts ont été proposées dans la littérature. Par exemple, les organisations mandatées pour faire respecter les critères de qualification lors de la livraison des semis utilisés pour le reboisement possèdent chacune un guide indiquant les normes à respecter pour obtenir des plants de qualité, le critère cime multiple étant alors décrit précisément lorsque celui-ci a été jugé pertinent par cette même organisation (pour exemple, voir le guide d'évaluation utilisé par le Ministère des Ressources naturelles du Québec en 1998 ; Tétrault et Stein (1988) donnent aussi des exemples des définitions utilisées au Québec en 1986, 1987 et 1988).

L'âge des plants lors de la classification, la diversité des critères utilisés et le manque d'uniformité d'un article à l'autre dans la description de chacun de ces critères ne nous permet pas d'inclure dans une seule grille d'évaluation les différentes propositions de classification. Pour cette raison, le terme CIME MULTIPLE (CM) sera retenu pour les fins de ce travail.

Certaines définitions reviennent tout de même plus souvent que d'autres (de Champs 1972, Burdon et Bannister 1973, Carter et Klinka 1986, Portefaix 1987, Weaver et Jacobs 1989, Kytö 1992, Bastien *et al.* 1993, Schermann *et al.* 1997) :

- 1- Le défaut induit par deux axes entrant en concurrence et conservant une taille semblable donne une FOURCHE.
- 2 L'appellation fourche se change en RAMICORNE lorsqu'une branche faisant avec l'axe du fût un angle inférieur à 30° concurrence la flèche principale et que le diamètre à la base de cette branche est inférieur à la moitié de celui de la tige principale. Si le diamètre à la base de la branche est supérieur à la moitié de celui de la tige, l'appellation fourche est conservée
- 3 Lorsqu'une ou plusieurs branches à la base d'un plant se développent et demeurent codominantes entre elles et/ou avec la tige principale, ou que plusieurs semis provenant d'un amas de graines croissent en groupe, le nom TIGES MULTIPLES est utilisé.
- 4 Un plant montrant plusieurs flèches terminales codominantes prend réellement le nom de plants à CIME MULTIPLE.

Certains vont spécifier l'endroit où le défaut apparaît sur la tige (tiers supérieur, deux tiers inférieurs) ou vont tenir compte uniquement des ramifications latérales bien lignifiées ayant au moins les deux tiers de la hauteur de la tige principale (Tétrault et Stein 1988). C'est ainsi que, globalement, les termes fourches et ramicornes s'appliquent principalement aux plants dont le point de division entre les deux axes est situé entre le haut et le bas de la tige, alors que les termes tiges et cimes multiples concernent les axes avec point de division situé tout en bas ou tout en haut de la tige, respectivement.

INCIDENCE

Plusieurs espèces de conifères peuvent être affectées par le développement de CM. Le tableau 1 en liste un grand nombre qui sont souvent d'intérêt commercial :

Tableau 1 : Conifères affectés par le phénomène des CM (N.D. = non-disponible ; A.P. = après plantation)

<u>Espèce</u>	<u>âge des plants</u>	<u>référence</u>
<i>Abies amabilis</i> (Dougl.) Forbes	29 ans, régén. nat.	(Carter et Klinka 1986)
<i>Abies balsamea</i> (L.) Mill.	18 ans	(Blum 1977)
<i>Abies lasiocarpa</i> (Hook.) Nutt.	N.D.	(M.F.B.C. 1998)
<i>Picea glauca</i> (Moench) Voss	2 ans	(Gross 1983)
	2-3 ans	(Hofstra <i>et al.</i> 1988)
	3-4 ans	(Ensing 1986)
	3-5 ans	(Zalaski 1986)
	5 ans	(Gross 1985)
	5-6 ans	(Webb et Reese 1984)
	18 ans	(Blum 1977)
<i>Picea mariana</i> (Mill.) B.S.P.	2-3 ans	(Hofstra <i>et al.</i> 1988)
	4 ans	(Khalil 1973)
	5 ans	(Gross 1985)
	5-6 ans	(Webb et Reese 1984)
<i>Picea rubens</i> Sarg.	18 ans	(Blum 1977)
<i>Picea sitchensis</i> (Bong.) Carr.	N.D.	(M.F.B.C. 1998)
	1-14 ans A.P.	(Welch <i>et al.</i> 1992)
	24 ans	(Alfaro 1989)
	12-50 ans	(Welch <i>et al.</i> 1995)
<i>Pinus albicaulis</i> Engelm.	2 ans	(Weaver et Jacobs 1989)
<i>Pinus banksiana</i> Lamb.	ND	(Thomas 1958)
	5 ans	(Gross 1985)
	5-6 ans	(Webb et Reese 1984)
<i>Pinus contorta</i> Dougl.	3-5 ans	(Zalaski 1986)
	10 ans	(Fries et Lindgren 1986)

Tableau 1 : (Suite-1)

<u>Espèce</u>	<u>âge des plants</u>	<u>référence</u>
<i>Pinus elliottii</i> Engelm.	6 et 10 ans	(Dieters 1996)
	10 ans	(Hatchell <i>et al.</i> 1972)
	13 ans	(Blair et Cech 1974)
<i>Pinus nigra</i> Arnold	9 ans	(Portefaix 1987)
<i>Pinus radiata</i> D. Don	1-2 ans	(Stockley 1975)
	2-8 ans	(Burdon et Bannister 1973)
	8 ans	(Cotterill et Zed 1980)
	8-12 ans	(Burdon <i>et al.</i> 1992)
	plus de 14 ans	(Nicholls et Brown 1974)
	21 ans	(Birk <i>et al.</i> 1993, Birk 1992)
<i>Pinus resinosa</i> Ait.	N.D.	(Thomas 1958),
	3-7 ans	(Marshall <i>et al.</i> 1955)
<i>Pinus rigida</i> Mill.	20 ans	(Kuser et Knezick 1985)
<i>Pinus strobus</i> L.	N.D.	(Thomas 1958)
	3-7 ans	(Marshall <i>et al.</i> 1955)
	5 ans	(Gross 1985)
	5-6 ans	(Webb et Reese 1984)
	10 ans	(Wilson 1992)
	plus de 50 ans	(Chamberlin et Aarssen 1996)
<i>Pinus sylvestris</i> L.	N.D.	(Thomas 1958)
	8-9 sem.	(Holopainen 1988)
	9 sem.	(Holopainen 1990)
	12-17 sem.	(Holopainen 1986)
	2-7 sem. et 2 ans	(Rikala et Repo 1987)
	1-2 ans A.P.	(Kytö 1992)
	6 ans A.P.	(Raitio 1987)
<i>Pinus taeda</i> L.	2-4 ans	(McLemore 1982)
	10 ans	(Amateis et Burkhart 1996)
	10 ans	Hatchell <i>et al.</i> 1972)
	13 ans	(Blair et Cech 1974)
<i>Pseudotsuga</i>	N.D.	(Lavender <i>et al.</i> 1973)
<i>menziesii</i> (Mirb.) Franco	N.D.	(M.F.B.C. 1998)
	2 ans	(Carter et Klinka 1986)
	3-4 ans	(Duryea et Omi 1987)
	4-5 ans	(de Champs 1972)
	5 ans	(Bastien <i>et al.</i> 1993)
	9 ans	(Schermann <i>et al.</i> 1997)
	10 ans	(Adams et Bastien 1994)
	5-32 ans	(Carter et Klinka 1986)
<i>Tsuga heterophylla</i> (Raf.) Sarg.	29 ans, régén. nat.	(Carter et Klinka 1986).

Les données colligées au tableau 1 indiquent que les articles publiés depuis la prise de décision du MRN quant à la qualification des semis avec CM concernent peu les principales espèces cultivées pour le reboisement au Québec (*Picea mariana*, *P. glauca* et *Pinus banksiana*). Elles montrent bien, cependant, que le phénomène des CM a été étudié aussi bien sur des semis de quelques semaines que sur des arbres plantés depuis plusieurs années.

La proportion des plants affectés par des défauts de la tige et/ou des CM est très variable. Selon les études, cette proportion est parfois élevée, pouvant atteindre 60 % chez *Picea mariana* (Khalil 1973), 63-94 % chez *Pinus resinosa* (Kramer et Kozlowski 1979), 75 % chez *Pinus contorta* (Fries et Lindgren 1986), mais souvent, elle est plutôt faible, ne dépassant pas 4,5 % chez *Pseudotsuga menziesii* (Carter et Klinka 1986), 7,7% chez *Pinus sylvestris* (Holopainen 1988) et de 2 à 5 % chez *Picea glauca* (Gross 1983).

Il y a une très grande variation de l'incidence de CM chez les semis entre les pépinières, et entre les années pour une même pépinière et une même espèce. Par exemple, sous certaines circonstances, *Picea glauca* peut être affecté deux fois plus que *Picea mariana* par le phénomène des CM (Hofstra *et al.* 1988), alors que sous d'autres circonstances, la proportion de CM chez *Picea glauca* se situera autour 3 % (Gross 1983).

Chez *Picea mariana*, la tendance à développer des CM est différente en fonction des provenances. À Terre-Neuve, par exemple, la fréquence des semis ayant développé des CM est plus élevée pour les provenances du sud, et décroît graduellement en allant vers le nord (Khalil 1973).

Chez *Pinus taeda* et *Pinus elliotii*, des plants triés en trois classes, basées surtout sur le critère de diamètre au collet, n'ont pas montré de différences significatives en termes d'incidence de fourchaison, 13 ans après la plantation, même si en général, les plants de grade 1 et 2 (les meilleurs) ont un taux de survie plus élevé et une croissance plus forte que les plants de grade 3 (Blair et Cech 1974). Des plants sélectionnés pour une hauteur exceptionnelle en pépinière et suivis pendant dix ans, n'ont pas montré de différences significatives pour l'incidence de plants fourchus (Hatchell *et al.* 1972).

Chez *Pinus sylvestris*, les différences de dénivellation des sites expliquent 60 % de la variation de l'incidence des CM six ans après la plantation (Raitio 1987). Chez *Picea glauca* deux ans après la plantation, l'incidence des CM augmente avec la quantité d'azote appliqué, que ce soit sous forme de nitrate d'ammonium ou de sulfate d'ammonium. Le taux de Zn tissulaire plus bas pour les traitements à N plus élevé, est corrélé avec l'incidence des CM (Ensing 1986).

Ces différentes observations montrent bien que le phénomène est complexe et que les facteurs en cause sont multiples.

CAUSES

La cause directe du développement de CM est la perte de dominance apicale, ou une perturbation de cette dominance (Kramer et Kozlowski 1979, Gross 1983, 1985). Différents types de dommages au méristème apical et/ou à la flèche terminale, ou différents types de désordres de débourrement et de croissance du méristème apical et/ou des méristèmes sublatéraux et/ou de la flèche apicale, peuvent affecter la dominance apicale et deviennent ainsi les causes indirectes du développement de CM.

Ces différents dommages peuvent être d'origine endogène, comme l'avortement du bourgeon terminal, un débourrement anormal, ou une perte de dominance spontanée, ou d'origine exogène comme les insectes, les animaux, des phénomènes physiques comme le gel, la chaleur, la sécheresse, le vent, le verglas et la neige, ou les pesticides, la fertilité du sol, le niveau de drainage du sol, et les maladies (Marshall *et al.* 1955, Thomas 1958, de Champs 1972, Burdon et Bannister 1973, Blum 1977, Kramer et Kozlowski 1979, Cotterill et Zed 1980, McLemore 1982, Gross 1983, 1985, Côté *et al.* 1984, Webb et Reese 1984, Carter et Klinka 1986, Colombo 1986, Ensing 1986, Fries et Lindgren 1986, Holopainen 1986, 1990, Zalaski 1986, Duryea et Omi 1987, Raitio 1987, Rikala et Repo 1987, Hofstra *et al.* 1988, Alfaro 1989, Birk 1992, Kytö 1992, Welch *et al.* 1992, Bastien *et al.* 1993, Birk *et al.* 1993, Adams et Bastien 1994, Schermann *et al.* 1997).

POUSSES HORS SAISON

Certains arbres montrent, à la fin de l'été, une croissance accélérée de la pousse apicale de nature anormale, puisque le bourgeon qui vient de se former ne devrait pas ouvrir avant l'année suivante. Il existe deux types principaux de croissance de fin de saison. Premièrement, la pousse d'août (lammass shoot) qui résulte de l'allongement du bourgeon apical. Deuxièmement, la pousse proleptique qui survient lorsque les bourgeons sublatéraux à la base du bourgeon apical débourrent. Les pousses d'août et proleptiques peuvent aussi se retrouver en combinaison sur le même arbre. Les pousses d'août et les pousses proleptiques se retrouvent chez beaucoup d'essences résineuses (Thomas 1958, de Champs 1972, Kramer et Kozlowski 1979, Robert et Veilleux 1991).

Certaines essences ont une croissance dite polycyclique, c'est-à-dire que les pousses annuelles sont constituées de deux ou plusieurs cycles morphogénétiques : le premier cycle est appelé pousse primaire, le ou les suivants pousse secondaire (Portefaix 1987).

Un deuxième débourrement ou une croissance extra-saisonnière ont été identifiés comme causes de CM, particulièrement chez *Abies amabilis* (Carter et Klinka

1986), *Pinus banksiana* (Thomas 1958, Kramer et Kozlowski 1979, Portefaix 1987), *Pinus contorta* (Fries et Lindgren 1986), *Pinus nigra* (Portefaix 1987), *Pinus radiata* (Cotterill et Zed 1980), *Pinus resinosa* (Thomas 1958, Kramer et Kozlowski 1979, Portefaix 1987, Adams et Bastien 1994), *Pinus strobus* (Thomas 1958), *Pinus sylvestris* (Thomas 1958, Portefaix 1987), *Pseudotsuga menziesii* (de Champs 1972, Carter et Klinka 1986, Bastien *et al.* 1993, Adams et Bastien 1994, Schermann *et al.* 1997) et *Tsuga heterophylla* (Carter et Klinka 1986).

L'évidence de pousse d'août est détectable par la présence de double verticille ou la présence d'une ou de plusieurs pousses latérales codominantes (Carter et Klinka 1986). Chez *Pinus radiata*, le nombre de verticille (entre 1 et 6 m) a une forte corrélation positive avec la présence de fourche et de ramicorne (Cotterill et Zed 1980).

L'occurrence des pousses d'août et des pousses proleptiques peut être stimulée par des pluies abondantes d'automne (Kramer et Kozlowski 1979), un amendement azoté ou un niveau de fertilité élevé (Carter et Klinka 1986).

Chez *Pseudotsuga menziesii*, la corrélation génétique entre la fréquence des pousses d'août et la fréquence des fourches est positive et modérément forte. Il y a une composante génétique substantielle entre le développement de pousses d'août et les deux caractères, croissance de la tige et incidence de fourches dans des jeunes peuplements (Adams et Bastien 1994).

Les arbres qui produisent des pousses d'août montrent plus souvent des dommages par le gel hivernal, le bourgeon apical n'étant pas suffisamment endurci. Le développement de pousses d'août augmente aussi le risque de dommages causés par les sécheresses de fin d'été.

GEL

Le gel et/ou les dommages par le froid ont provoqué la perte de la dominance apicale, et ont été identifiés comme cause de CM (Kramer et Kozlowski 1979), particulièrement chez *Abies amabilis* (Carter et Klinka 1986), *Picea abies* (Raitio 1987), *Picea glauca* (Gross 1983, 1985, Webb et Reese 1984, Zalaski 1986, Hofstra *et al.* 1988), *Picea mariana* (Khalil 1973, Webb et Reese 1984, Gross 1985, Colombo 1986, Hofstra *et al.* 1988), *Pinus banksiana* (Webb et Reese 1984, Gross 1985), *Pinus contorta* (Zalaski 1986), *Pinus strobus* (Webb et Reese 1984, Gross 1985), *Pinus sylvestris* (Raitio 1987, Rikala et Repo 1987, Holopainen 1988, 1990, Kytö 1992), et *Pseudotsuga menziesii* (Carter et Klinka 1986, Schermann *et al.* 1997).

Les dommages par le gel aux bourgeons terminaux chez les semis se produisent de différentes façons : 1) des dommages aux méristèmes terminaux durant la

période de formation et d'initiation des primordiums foliaires à la fin de la saison de croissance, avant que ces derniers soient suffisamment endurcis pour résister au gel, soit parce que les semis n'étaient pas bien préparés pour résister au froid, soit par un gel hâtif ; 2) des dommages au méristème terminal causés par le gel, ou la dessiccation durant l'hiver ; 3) des dommages causés au printemps sur des plants qui ont débourré trop tôt, ou suite à un gel tardif (Webb et Reese 1984, Schermann *et al.* 1997, Carter et Klinka 1986, Raitio 1987).

Les dommages par le gel les plus sévères ont été observés dans le bas des pentes et dans les dépressions. Les différences de dénivellation des sites expliquent 60 % de la variation des dommages par le gel, et de la variation de l'occurrence des CM (Raitio 1987). Les basses températures durant la saison de croissance peuvent aussi être une des causes des CM (Raitio 1987). Les arbres qui produisent des pousses d'août ont plus souvent de dommages par le gel hivernal parce que le bourgeon apical n'est pas assez endurci (Kramer et Kozlowski 1979).

Parmi les autres observations concernant cet important facteur qu'est le gel, on peut retenir les suivantes :

Les semis de première année (1-0) sont plus vulnérables que les semis plus âgés parce que la croissance de leurs pousses se poursuit aussi longtemps que les conditions sont favorables (croissance libre), ce qui les rend plus vulnérables aux gels hâtifs (Gross 1983).

Les pousses annuelles de *Pinus sylvestris* sont particulièrement sensibles au gel à la fin de la période de croissance en hauteur (Raitio 1987). Près de 70 % des semis de *Pinus sylvestris* qui ont souffert de problèmes de croissance suite au traitement de gel à -4 °C ont développé des CM. Presque tous les semis qui ont développé des CM avaient eu des aiguilles brunies (Rikala et Repo 1987).

Les semis des provenances qui ont eu la meilleure croissance en hauteur et en diamètre au collet sont plus sensibles aux dommages par le gel (Khalil 1973).

Les CM se développent l'année du gel et/ou parfois longtemps après l'événement causal (Gross 1983, Rikala et Repo 1987).

L'incidence de CM peut être prédite à partir de l'état des bourgeons tôt le printemps (Hofstra *et al.* 1988).

La plupart des dommages causant les CM semblent être reliés au froid, et/ou à la capacité des plants à résister au froid (Gross 1983, Hofstra *et al.* 1988).

INSECTES

Les blessures mécaniques infligées par des adultes ou des larves d'insectes ont provoqué le développement de CM (Côté *et al.* 1984, Carter et Klinka 1986), particulièrement chez *Picea glauca* (Gross 1983), *Picea sitchensis* (Alfaro 1989), *Pinus nigra* (Portefaix 1987), *Pinus strobus* (Kramer et Kozlowski 1979, Chamberlin et Aarssen 1996), *Pinus sylvestris* (Holopainen 1986, 1990, Kytö 1992), et *Pseudotsuga menziesii* (Bastien *et al.* 1993, Schermann *et al.* 1997).

Toutes les méthodes de blessures mécaniques simulant des piqûres d'insectes, perçage, injection de pectinase et injection d'eau, ont provoqué le développement de CM. Le nombre de CM était plus élevé quand le perçage était combiné avec l'injection de pectinase ou d'eau. Le perçage, combiné avec l'injection de pectinase, et avec l'injection d'eau est le seul traitement ayant causé la mort des semis. La principale cause des CM chez les semis de pin sylvestre en pépinière est la blessure mécanique causée par les adultes ou les larves de Lygul (Holopainen 1986). Dans les plantations de pin gris au Québec, il serait fort intéressant d'étudier la fréquence de ce même phénomène suite à l'action du nodulier du pin gris.

Les dommages causés aux bourgeons par les insectes se répercutent sur les plants de la même façon que les dommages causés par le gel, c'est-à-dire par une altération plus ou moins importante de la dominance apicale et éventuellement, le développement de CM.

BROUTAGE ET BRIS MÉCANIQUES

Le broutage ou le bris des flèches, ou des dommages aux bourgeons faits par des herbivores, des oiseaux, des rongeurs, le vent, la neige, ou le verglas, ont été identifiés comme la cause de CM (Kramer et Kozlowski 1979, Côté *et al.* 1984, Carter et Klinka 1986), particulièrement chez *Abies balsamea* (Blum 1977), *Picea glauca* (Krefting et Stoeckeler 1953, Blum 1977, Gross 1983), *Picea rubens* (Blum 1977), *Picea sitchensis* (Welch *et al.* 1992, 1995), *Pinus banksiana* (Krefting et Stoeckeler 1953), *Pinus resinosa* (Krefting et Stoeckeler 1953, Marshall *et al.* 1955), *Pinus strobus* (Krefting et Stoeckeler 1953, Marshall *et al.* 1955), et *Pseudotsuga menziesii* (Carter et Klinka 1986, Bastien *et al.* 1993, Schermann *et al.* 1997). En général, il semble que les dommages par broutage et bris mécaniques paraissent pire qu'ils le sont en réalité. Par exemple, Marshall *et al.* (1955) affirment que les dommages causés par les cerfs sont exagérés par des personnes qui, observant un an de broutage, concluent que les arbres sont ruinés.

FERTILITÉ DU SOL

L'azote est le principal élément minéral étudié ayant affecté la fréquence des CM, certaines études faisant aussi référence à des concentrations tissulaires trop basses de bore et/ou de zinc (Carter et Klinka 1986), mais sans conclusions évidentes quant à la relation directe entre CM et ces éléments. Par contre, l'incidence des CM augmente avec la quantité d'azote appliqué, que ce soit sous forme de nitrate d'ammonium ou de sulfate d'ammonium. Le taux de Zn tissulaire plus bas pour les traitements à N plus élevé, est corrélé avec l'incidence des CM. Gross (1984) suggère que la dominance apicale de *Picea glauca* en phase juvénile est instable ; si cela est fondé, il se peut qu'un excès d'azote aggrave l'expression de cette instabilité (Ensing 1986). Cette instabilité de la phase de croissance juvénile a aussi été documentée chez *Pinus radiata* (Burdon et Bannister 1973) et *Pinus sylvestris* (Holopainen 1990).

Dans des plantations de *Pinus radiata* de 21 ans, plusieurs des arbres qui ont poussé sur les sites les plus fertiles ont développé des cimes formées de plusieurs grosses branches et des CM (Birk 1992). Les CM se développent à partir de grosses branches qui remplacent la pousse terminale quand celle-ci meurt sur les sites au niveau de fertilité plus élevé (Birk 1992).

AUTRES

Certains facteurs ont aussi été mentionnés comme causes marginales de CM. Entre autres, des dommages par la chaleur (Gross 1983, Carter et Klinka 1986), des dommages suite à l'application de pesticides (Gross 1983, Webb et Reese 1984, Carter et Klinka 1986, Hofstra *et al.* 1988) et de fertilisants (Gross 1983, Hofstra *et al.* 1988), et des dommages provoqués par des maladies (Portefaix 1987, Hofstra *et al.* 1988, Kytö 1992).

CONSEQUENCES

SEMIS AVEC CM EN PÉPINIÈRE

En pépinière, les plants à CM de *Picea glauca* de 2 ans ne sont pas différents des plants normaux au point de vue diamètre, biomasse totale et rapport tige/racine (biomasse). La hauteur totale et la longueur de la flèche terminale sont environ 20 % plus petite pour les CM qui ont plus de 3 flèches, et la grosseur du bourgeon terminal est inversement proportionnelle au nombre de flèches (Gross 1983). Des résultats semblables ont été observés pour des semis de *Picea mariana* et de *Picea glauca* de 2 et 3 ans, Hofstra *et al.* (1988) ayant trouvé une différence significative pour la hauteur entre les plants normaux et les CM, mais pas pour le diamètre au collet et la biomasse de la tige. Chez *Pseudotsuga menziesii*, les

21 ans après plantation (Birk *et al.* 1993). Les plants fourchus sont plus susceptibles de subir des dommages par le verglas parce que la forme irrégulière et la faiblesse de la partie supérieure des troncs les rendent plus vulnérables aux cassures (Amateis et Burkhart 1996).

Inversement, les CM avaient une croissance supérieure aux plants normaux chez *Pinus radiata* 21 ans après plantation au niveau du volume de bois pour la pâte (Birk *et al.* 1993) et chez *Pinus strobus* de plus de 50 ans au niveau du diamètre et du volume du tronc (Chamberlin et Aarssen 1996).

Aucune différence notable n'a été trouvée entre les CM et les plants normaux chez *Picea sitchensis* de 12 à 50 ans au niveau de la mortalité (Welch *et al.* 1995) et chez *Pinus sylvestris* 1 et 2 ans après plantation au niveau du taux de survie (Kytö 1992).

De même, la présence de CM à un moment donné de la vie d'un plant ne semble pas être significative comme cause de malformations permanentes de la tige chez *Pinus radiata* 1 à 6 ans après plantation (Burdon et Bannister 1973) et chez *Pinus banksiana*, *Pinus resinosa*, *Pinus strobus* et *Pinus sylvestris* (Thomas 1958), ni comme facteur important du point de vue de la récolte commerciale finale chez *Pseudotsuga menziesii* de 8 à 25 ans (Carter et Klinka 1986), ni comme facteur ayant une influence prépondérante sur la performance chez *Picea sitchensis* de 12 à 50 ans (Welch *et al.* 1995).

Des dommages causés par des gels chez *Picea glauca* et *Pinus contorta* 1 an après plantation, ont provoqué des défauts de croissance sur 91 % des pins et sur 94 % des épinettes. Trois ans plus tard, 95 % des pins avaient retrouvé une croissance normale, et après 5 ans 95 % des épinettes étaient normales. La capacité de récupération après une perte de dominance apicale est notable pour les deux espèces (Zalaski 1986). Chez *Pinus sylvestris*, le statut des semis change beaucoup ; en effet 36 % des semis normaux et 52 % des semis avec substitut de la flèche sont devenu CM, et 48 % des CM ont retrouvé une dominance apicale. Les CM qui ont développé une nouvelle flèche ont spécialement bien poussé (Kytö 1992). Pour le pin sylvestre, la CM la plus forte qui se développe après le dommage prend normalement la dominance pour produire un tronc unique (Welch *et al.* 1992).

Toutefois, chez *Pinus radiata* une fourche peut devenir permanente lorsqu'elle provient de la base de la tige près du collet (Burdon et Bannister 1973). L'effet des défauts des jeunes arbres sur le produit fini est peu connu, quoique des déformations très sévères aient un impact économique certain (Adams et Bastien 1994). Chez *Pinus radiata*, dans une plantation de plus de 14 ans, il n'y a pas de différences consistantes et notables entre les tiges mineures et les tiges majeures d'arbres fourchus, pour la largeur des cernes et les caractéristiques du bois (Nicholls et Brown 1974).

QUE FAIT-ON HORS-QUÉBEC AVEC LES SEMIS À CIME MULTIPLE ?

Dans le cadre de ce travail, nous avons demandé à plusieurs organisations hors-Québec impliquées dans le reboisement de nous indiquer leur position concernant la classification des semis ayant développé des CM durant la période de production en pépinière. Les réponses ont été regroupées sous deux tableaux. Le premier concerne le Canada hors-Québec, alors que le second fait état des réponses en provenance de l'extérieur du Canada (tableaux 2 et 3).

TABLEAU 2 : Positions d'organisation canadienne hors-Québec concernant la classification de semis cultivés en récipients et à racines nues (CM = cime multiple, F = fourche, R = ramicorne).

	RÉCIPIENTS		RACINES NUES	
	Accepté	Refusé	Accepté	Refusé
Manitoba		CM, F, R	Causé par le gel ou mécanique + pas à la base +une dominante	F à la base CM à la base CM sans dominance
Nouvelle-Écosse	R 5 cm dominante + moitié supérieure	CM, F		
Saskatchewan Pépinières privatisées depuis 1997		CM, F, R	R 2 ans +taille	
Ontario Reforestation privatisée Critères privés fixés par industrie et pépinières MNR			1 flèche avec dominance de 2,5 cm	
Île du Prince-Édouard CM pas un problème Pas de critères CM	CM, F, R		CM, F, R	
Colombie Britannique Pas un problème 0-2.5 % Pas de critères	CM, F, R		CM, F, R	
Alberta		CM, F, R	F et R 1 flèche dominante de 4 cm	

TABLEAU 3 : Positions d'organisation hors-Canada concernant la classification de semis cultivés en récipients et à racines nues (CM = cime multiple, F = fourche, R = ramicorne).

	RÉCIPIENTS		RACINES-NUES	
	Accepté	Refusé	Accepté	Refusé
Norvège	R moitié sup. tige + 1 flèche dominante		R moitié sup. tige + 1 flèche dominante	
États-Unis Privé Ententes locales avec les pépinières				
Michigan Pépinière Manistique Pépinière Wyman		F, R, CM F, R, CM à la base		F, R, CM F, R, CM à la base
Alaska Pépinières privées Pas de critères CM	CM, F, R		CM, F, R	
Idaho Rare		F, R, CM		F, R, CM
France	F, R, CM Taillé (équilibré)	F, R, CM à la base	F, R, CM Taillé (équilibré)	F, R, CM à la base

CONCLUSIONS

Cette revue de la littérature scientifique concernant le phénomène des cimes multiples démontre que les travaux publiés ces dix dernières années concernent peu les espèces québécoises d'intérêt commercial. Il convient tout de même de retenir les éléments suivants.

Plusieurs travaux soulignent la faible héritabilité de la fréquence des défauts de fourchaisons, particulièrement chez *Pinus elliotii* (Dieters 1996), *Pinus radiata* (Cotterill et Zed 1980, Burdon *et al.* 1992) et *Pseudotsuga menziesii* (Bastien *et al.* 1993, Adams et Bastien 1994). Ceci est probablement lié à la complexité du phénomène et à un effet relativement fort de la composante environnementale sur la variation phénotypique des individus (Bastien *et al.* 1993, Adams et Bastien 1994). À l'opposé, chez *Pinus rigida*, le développement de fourches est sous contrôle génétique fort (Kuser et Knezick 1985), alors que chez *Pinus elliotii* à 6 et 10 ans, une association négative entre les traits de croissance et les défauts de la cime demeure possible (Dieters 1996).

Pour plusieurs espèces, il a été démontré qu'il y a eu une augmentation de la production de fleurs, de graines, et/ou de biomasse suite à l'enlèvement de l'apex de la tige par des herbivores ou par des méthodes mécaniques. Cette surcompensation peut être interprétée comme une adaptation, ou une conséquence de la sélection naturelle. Si l'enlèvement du bourgeon apical diminue la hauteur d'une plante, ceci peut être un désavantage en termes de compétition pour la lumière et d'interception de la lumière. Il y a donc un avantage certain pour la plante à rétablir le plus rapidement possible la dominance apicale (Aarssen 1995).

Chez *Pinus strobus* de 10 ans, dont le bourgeon apical et/ou les bourgeons latéraux ont été enlevés, Wilson (1992) a observé une croissance des nouvelles pousses légèrement supérieure la première année. La deuxième année, la longueur des pousses et la longueur totale de la tige étaient plus grandes chez les plants traités. Cette augmentation de la croissance est due à une compensation au niveau de la production et de l'élongation de la flèche. Le mécanisme de contrôle de la dominance apicale pourrait accroître la compétitivité de la flèche terminale pour les produits de la photosynthèse. En enlevant le bourgeon terminal, les tiges latérales ont plus accès à l'eau et aux nutriments qui ne sont pas mobilisés par la croissance de la flèche terminale. De plus, ceci augmente la rétention des produits de la photosynthèse qui peuvent être ensuite alloués à la formation de bourgeons plus gros qui donneront des pousses plus longues (Wilson 1992).

Concernant plus spécifiquement *Picea mariana*, aucune nouvelle information ne vient réellement s'ajouter à la revue de littérature publiée par Tétrault et Stein (1988). Rappelons rapidement les principales informations.

Chez *Picea glauca* et *Picea mariana*, les dommages dus au froid sont la cause principale du développement de CM dans les pépinières de l'Ontario (Gross 1983, Hofstra *et al.* 1988). Ces dommages sont le plus souvent causés au printemps ou à l'automne à des méristèmes et/ou à des pousses qui résistent mal au froid (Webb et Reese 1984, Carter et Klinka 1986, Raitio 1987, Schermann *et al.* 1997). Les semis de première année (1-0) sont plus vulnérables que les semis plus âgés (Gross 1983) et les pousses annuelles sont particulièrement sensibles au gel à la fin de la période de croissance en hauteur (Raitio 1987). Il semble donc que les dommages seraient causés durant des phases de la croissance juvénile où le semis est plus sensible. Puisque que c'est un ensemble complexe de plusieurs facteurs qui contrôle le patron de croissance juvénile des épinettes (Hofstra *et al.* 1988), il devient difficile de prévoir le comportement des semis. En effet, les CM se développent l'année du gel et/ou parfois longtemps après l'événement causal (Gross 1983, Rikala et Repo 1987).

Chez *Picea mariana* et *Picea glauca* de 2 et 3 ans, l'incidence de CM peut être prédite à partir de l'état des bourgeons tôt le printemps (Hofstra *et al.* 1988). D'autre part, chez *Picea glauca*, *Picea mariana*, *Pinus banksiana* et *Pinus strobus* 3 ans après plantation, il est mentionné que le devenir d'un plant, CM ou normal, ne peut pas être détecté au moment de la classification en pépinière. Contrairement au pin gris qui montre une forte dominance apicale et une grande capacité de retour à une cime unique suite à un épisode de CM, les épinettes semblent avoir besoin d'une période de croissance vigoureuse pour retrouver la dominance apicale. Compte tenu que les plants à 3 ou 4 flèches doivent être rejetés pour d'autres critères, Gross (1985) conclue qu'il n'est pas justifié de déclasser les plants à CM, surtout que les différences de croissance entre les plants à CM et ceux qui sont à flèche unique concernent surtout la longueur de la tige. En effet, les diamètres et biomasses sèches ne diffèrent pas significativement entre les deux types de semis d'épinette (Gross 1985, Hofstra *et al.* 1988). D'autre part, certains auteurs préconisent l'acceptation des plants après la taille de la tige la plus faible lorsque la tige dominante répond à certains critères (Côté *et al.* 1984, Brouillette *et al.* 1988)

Cette capacité des plants à récupérer d'un épisode de CM vaut aussi pour d'autres espèces. Par exemple, la sélection pour la fourche et les CM est injustifiée chez *Pinus radiata*, les semis ne devant pas être sélectionnés selon ce critère, excepté pour les cas extrêmes (Burdon et Bannister 1973). Cela est particulièrement à propos pour des lots provenant de programmes de sélection. Même les plants fourchus à la base pourraient être acceptés si une des tiges est forte et que l'autre est taillée (Burdon et Bannister 1973). À moins que le défaut ne soit réellement important, les semis avec CM vont retrouver une forme normale après plantation et ne devraient pas être rejetés (Côté *et al.* 1984, M.F.B.C. 1998)

À l'opposé, la présence de plusieurs flèches terminales est un des critères de déclassement des semis en pépinière, parce que ces semis sont considérés impropres à la plantation, ceci étant partiellement basé sur l'observation que, dû à une croissance réduite, les semis avec CM vont moins bien s'établir que les semis avec une flèche unique face à la végétation compétitive (Gross 1983, 1985, Côté *et al.* 1984, Webb et Reese 1984, Hofstra *et al.* 1988, Holopainen 1990, Robert et Veilleux 1991).

Il est également intéressant de constater l'évolution de certains auteurs. Par exemple, en Ontario, Gross (1983) a prôné la prudence avec les semis à CM avant d'éliminer cette réserve suite à la publication d'autres travaux (Gross 1985).

On peut conclure de ces différents énoncés que le rejet en pépinière des semis avec CM, en se basant uniquement sur la présence de plusieurs flèches codominantes et sur l'impression qu'il s'agit de semis de qualité inférieure, ne fait pas l'unanimité en termes de méthode d'amélioration de la qualité des semis. Ceci prend encore plus d'importance si on considère, qu'après la plantation, des semis normaux peuvent développer des CM, et que des CM se développent fréquemment sur des semis naturels jusqu'à un âge avancé (Thomas 1958, Burdon et Bannister 1973, Nicholls et Brown 1974, Côté *et al.* 1984, Carter et Klinka 1986, Zalaski 1986, Birk 1992, Kytö 1992, Welch *et al.* 1992, 1995, Birk *et al.* 1993, Adams et Bastien 1994, Chamberlin et Aarssen 1996, Amateis et Burkhart 1996). En fait, la plupart des études répertoriées indiquent que les semis avec CM retrouvés en pépinière sont de qualité égale aux semis à cime unique, sauf si les défauts sont très prononcés (semis en broussaille, par exemple).

BIBLIOGRAPHIE

REFERENCE ID# 5767

AARSSSEN, L.W. 1995. Hypotheses for the evolution of apical dominance in plants: implications for the interpretation of overcompensation. *OIKOS* 74 : 149-156.

REFERENCE ID# 5708

ADAMS, W.T., and BASTIEN, J.-C. 1994. Genetics of second flushing in a french plantation of coastal Douglas-fir. *Silvae Genet.* 43 : 345-352.

REFERENCE ID# 5669

ALFARO, R.I. 1989. Stem defects in Sitka spruce induced by Sitka spruce weevil, *Pissodes strobi* (Peck.). In : *Insects affecting reforestation: biology and damage*. Edited by R.I. ALFARO. Forestry Canada, Victoria, B.C.. p. 177-185.

REFERENCE ID# 5707

AMATEIS, R.L., and BURKHART, H.E. 1996. Impact of heavy glaze in a loblolly pine spacing trial. *South. J. Appl. For.* 20 : 151-155.

REFERENCE ID# 5763

ANONYME. 1990. Réussir la forêt contrôle et réception des travaux, F.L. Communication, Paris :

REFERENCE ID# 5712

BASTIEN, C., BASTIEN, J.C. and BUJON, P. 1995. Recherche de critères de sélection pour l'amélioration génétique de la forme des arbres forestiers. II. Recherche de prédictors précoces de la fourchaison chez le Douglas. In : *Architecture of fruit trees and forest trees*. Paper given at a conference held 23-25 november 1993 at Montpellier, France. INRA, Paris, France. P7-303-303.

REFERENCE ID# 5666

BIRK, E.M. 1992. Biomass and nutrient distribution in radiata pine in relation to previous land use I. Biomass. *Aust.For.* 55 : 118-125.

REFERENCE ID# 5663

BIRK, E.M., BOWMAN, V.J., FULTON, J.A. and HIDES, I. 1993. Merchantability of *Pinus radiata* in relation to previous land use. *Aust.For.* 56 : 157-164.

REFERENCE ID# 5766

BLAIR, R. and CECH, F. 1974. Morphological seedling grades compared after thirteen growing seasons. *Tree Planters' Notes* 5-7.

REFERENCE ID# 5702

BLUM, B.M. 1977. Animal damage to young spruce and fir in Maine, USDA Forest Service Research Note, Northeastern Forest, NE-231, Orono, maine, USA :

REFERENCE ID# 6192

BROUILLETTE, J.G., TÉTREAU, J.P. et LORTIE, J. 1988. Guide d'évaluation de la qualité des plants de reboisement produits en récipients (Deuxième version), Gouvernement du Québec. Ministère de l'Énergie et des Ressources,

REFERENCE ID# 5678

BURDON, R.D. and BANNISTER, M.H. 1973. The significance of forks and multileaders in nursery stock of *Pinus radiata*. New-Zealand Journal of Forestry 18 : 133-140.

REFERENCE ID# 5714

BURDON, R.D., BANNISTER, M.H. and LOW, C.B. 1992. Genetic survey of *Pinus radiata*. 3: variance structures and narrow-sense heritabilities for growth variables and morphological traits in seedlings. New Zealand Journal of Forestry Science 22 : 160-186.

REFERENCE ID# 5728

CARTER, R.E. and KLINKA, K. 1986. Symptoms and causes of distorted growth in immature forest stands in coastal British Columbia, BC Ministry of forests, Vancouver:

REFERENCE ID# 5659

CHAMBERLIN, E.A. and AARSEN, L.W. 1996. The cost of apical dominance in white pine (*Pinus strobus* L.) : growth in multi-stemmed versus single-stemmed trees. Bull.Torrey Bot.Club 123 : 268-272.

REFERENCE ID# 155

COLOMBO, S.J. 1986. Second-year shoot development in black spruce *Picea mariana* (Mill.) B.S.P. container seedlings. Can.J.For.Res. 16 : 68-73.

REFERENCE ID# 6194

CÔTÉ, R., COUTURE, G., GAGNON, P. et SHEEDY, G. 1984. Études des normes de classement des plants à racines nues utilisés présentement au Québec pour améliorer la qualité de ces plants et modifier les normes actuelles, Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec,

REFERENCE ID# 5726

COTTERILL, P.P. and ZED, P.G. 1980. Estimates of genetic parameters for growth and form traits in four *Pinus radiata* D. Don progeny tests in south Australia. Aust.For.Res. 10 : 155-167.

REFERENCE ID# 5723

DE CHAMPS, J. 1972. Pousse d'août du Douglas. In : Association Forêt Cellulose, rapport annuel. P3-217.

REFERENCE ID# 5661

DIETERS, M.J.J. 1996. Genetic parameters for slash pine (*Pinus elliottii*) grown in south-east Queensland, Australia: growth, stem straightness and crown defects. Forest Genetics 3 : 27-36.

REFERENCE ID# 220

DURYEA, M.L. and OMI, S.K. 1987. Top pruning Douglas-fir seedlings: morphology, physiology, and field performance. Can.J.For.Res. 17 : 1371-1378.

REFERENCE ID# 5709

ENSING, J. 1986. The relationship of nutrition to the development of multiple-leadered seedlings of white spruce in conifer nurseries, Ph.D. thesis, University of Guelph, Guelph, Ontario :

REFERENCE ID# 5710

FRIES, A. and LINDGREN, D. 1986. Performance of plus tree progenies of *Pinus contorta* originating north of latitude 55°N in a Swedish trial at 64°N. Can.J.For.Res. 16 : 427-437.

REFERENCE ID# 5683

GROSS, H.L. 1983. Injuries to terminal shoots cause multiple-leadered nursery seedlings, Great Lakes For. Res. Cent., Can. For. Serv., Inf. Rep. no. O-X-347, Sault Ste.Marie, Ont.:

REFERENCE ID# 5672

GROSS, H.L. 1985. Multiple-leadered trees compare favorably with single-leadered trees in field performance tests of nursery stock, Great Lakes Forest Research Centre, Canadian Forestry Service, Inf. Rep. O-X-363, Sault Ste. Marie, Ont :

REFERENCE ID# 5764

HATCHELL, G.E., DORMAN, K.W and LANGDON, O.G. 1972. Performance of Loblolly and Slash pine nursery selections. Forest Sci. 18 : 308-313.

REFERENCE ID# 5684

HOFSTRA, G., MCLEOD, C.M. and ENSING, J. 1988. Incidence and performance of multiple-leadered seedlings of black and white spruce in canadian nurseries. North.J.Appl.For. 5 : 99-103.

REFERENCE ID# 5674

HOLOPAINEN, J.K. 1986. Damage caused by *Lygus rugulipennis* Popp. (Heteroptera, Miridae), to *Pinus sylvestris* L. seedlings. Scand.J.For.Res. 1 : 343-349.

REFERENCE ID# 5699

HOLOPAINEN, J.K. 1988. Growth and visible responses of scots pine *Pinus-sylvestris* L. seedlings to simulated summer frost. Eur.J.For.Pathol. 18 : 85-92.

REFERENCE ID# 5698

HOLOPAINEN, J.K. 1990. The relationship between multiple leaders and mechanical and frost damage to the apical meristem of Scot pine seedlings. Can.J.For.Res. 20 : 280-284.

REFERENCE ID# 5704

KHALIL, M.A.K. 1973. Results of a four-year nursery provenance experiment on Black Spruce in Newfoundland, Newfoundland Forest Research Centre, Inf. rep. N-X-99,

REFERENCE ID# 5725

KRAMER, P.J. and KOZLOWSKI, T.T. 1979. Vegetative growth. In : Physiology of woody plants. Academic Press, Inc., New York. P-112.

REFERENCE ID# 5681

KREFTING, L.W. and STOECKELER, J.H. 1953. Effect of simulated snowshoe hare and deer damage on planted conifers in the Lake States. J.Wildlife.Manage. 17 : 478-494.

REFERENCE ID# 5673

KUSER, J.E. and KNEZICK, D.R. 1985. Twenty-year observations on a clonal plantation of pitch pine in the New Jersey pinelands. Bull.Torrey Bot.Club 112 : 318-323.

REFERENCE ID# 5665

KYTÖ, M. 1992. Lygus bugs as agents of growth disorders in permethrin-treated pine seedlings in regeneration areas. Silva Fenn. 26 : 191-200.

REFERENCE ID# 5694

LAVENDER, D.P., SWEET, G.B., ZAERR, J.B. and HERMANN, R.K. 1973. Spring shoot growth in Douglas-fir may be initiated by gibberellins exported from the roots. Science 182 : 838.

REFERENCE ID# 5680

MARSHALL, W.H., SCHANTZ-HANSEN, T. and WINSNESS, K.E. 1955. Effects of simulated over browsing on small Red and White Pine trees. J.For. 53 : 420-424.

REFERENCE ID# 5676

MCLEMORE, B.F. 1982. Comparison of 1-0 and 2-0 loblolly pine seedlings. Tree Planters' Notes 33 : 22-23.

REFERENCE ID# 5765

MINISTRY OF FOREST OF BRITISH COLUMBIA. 1998. Provincial seedling stock type selection and ordering guidelines, Ministry of Forest, British Columbia, Victoria :

REFERENCE ID# 5703

NICHOLLS, J.W.P. and BROWN, A.G. 1974. The relationship between ring width and wood characteristics indouble-stemmed trees of Radiata Pine. New Zealand Journal of Forestry Science 4 : 105-111.

REFERENCE ID#

OMI, S.K., HOWE, G.T. and DURYE, M.L. 1986. First-year field performance of Douglas-fir seedlings in relation to nursery characteristics. P. 29-34 In Proceedings : Combined Western Forest Nursery Council and Intermountain nursery Association Meeting, Tumwater, Washington August 1986. USDA Forrest Service, General Tech. Rep. RM-137.

REFERENCE ID# 5717

ORTEFAIX, C. 1987. Défaut de fourchaison chez le pin laricio de Corse (*Pinus nigra* Arn. ssp. *laricio* var. *corsicana* Loud): décomposition du phénomène en vue de l'amélioration génétique. Ann.Sci.For. 44 : 435-453.

REFERENCE ID# 5762

RAITIO, H. 1987. Site elvation differences in frost damage to Scots pine (*Pinus sylvestris*). For.Ecol.Manage. 20 : 299-306.

REFERENCE ID# 128

RIKALA, R. and REPO, T. 1987. Frost resistance and frost damage in *Pinus sylvestris* seedlings during shoot elongation. Scand.J.For.Res. 2 : 433-440.

REFERENCE ID# 6193

ROBERT, D. et VEILLEUX, P. 1991. Guide d'évaluation de la qualité des plants de reboisement produits à racines nues (Troisième version), Gouvernement du Québec. Ministère des Forêts du Québec,

REFERENCE ID# 5711

SCHERMANN, N., ADAMS, W.T., AITKEN, S.N. and BASTIEN, J.C. 1997. Genetic parameters of stem form traits in a 9-year-old coastal Douglas-fir progeny test in Washington. Silvae Genet. 46 : 166-170.

REFERENCE ID# 5729

STOCKLEY, G. 1975. Topping of radiata pine nursery tree stocks. *Farm Forestry* 17 : 96-98.

REFERENCE ID# 5687

THOMAS, J.B. 1958. The production of lammas shoot on jack pine in Ontario. *For.Chron.* sept : 307-309.

REFERENCE ID# 5705

WEAVER, T. and JACOBS, J. 1989. Occurrence of multiple stems in whitebark pine. In : *Symposium in whitebark pine ecosystems : ecology and management of a High-Mountain Resource*, Bozeman, MT, March 23-31, 1989. P6-159.

REFERENCE ID# 5690

WEBB, D.P. and REESE, K.H. 1984. Multiple leadering of coniferous nursery stock, *Can. For. Serv., Min. Natural Ressources, Ont., Joint Rep.* no 3,

REFERENCE ID# 5667

WELCH, D., STAINES, B.W., SCOTT, D. and FRENCH, D.D. 1992. Leader browsing by red and roe deer on young Sitka spruce trees in western Scotland. II. Effects on growth and tree form. *Forestry* 65 : 309-330.

REFERENCE ID# 5664

WELCH, D., SCOTT, D. and STAINES, B.W. 1995. Survival rates and performance of multi-trunked trees in even-aged stands of Sitka spruce in western Scotland. *Forestry* 68 : 245-253.

REFERENCE ID# E93254

WILSON, B.F. 1992. Compensatory Growth in Shoot Populations of Young White Pine Trees. *Trees-Struct.Funct.* 6 : 204-209.

REFERENCE ID# 841

ZALASKI, H. 1986. Field performance of containerized conifer seedlings south of Grande Prairie, Alberta, Can. *For. Serv. Northern For. Res. Cent. Note No.* 22, Edmonton, Can.:

